
REFLEXÕES PARA SUBSIDIAR DISCUSSÕES SOBRE O CONCEITO DE CALOR NA SALA DE AULA⁺*

*Osmar Henrique Moura da Silva*¹

*Carlos Eduardo Laburú*²

Departamento de Física – UEL

Londrina – PR

Roberto Nardi

Departamento de Educação – UNESP

Bauru – SP

Resumo

Um conceito fundamental em Termodinâmica é o de calor. Este trabalho visa contribuir com reflexões sobre o conceito de calor que possam subsidiar o processo educacional do mesmo.

Palavras-chave: *Reflexões sobre o conceito de calor; subsídios para o ensino de calor.*

Abstract

A fundamental concept in Thermodynamics is that of heat. This work seeks to contribute with reflections on the concept of heat that can subsidize the educational process of the same concept.

Keywords: *Reflections on the concept of heat; subsidies for the teaching of heat.*

⁺ Reflections to subsidize discussions on the concept of heat in the classroom

* *Recebido: fevereiro de 2008.*

Aceito: junho de 2008.

¹ Apoio: FAEPE.

² Apoio: CNPq, Fundação Araucária e FAEPE.

I. Introdução

Na Física, é possível que um dos conceitos mais difíceis de aprender, como também de ensinar, seja o de calor. Niaz (2006, p. 269) afirma que os adolescentes carregam notáveis dificuldades para diferenciarem calor e temperatura, referenciando dezoito pesquisas nesse sentido. Segundo Diaz (apud TEIXEIRA, 1992, p. 76), essas dificuldades são de difícil superação devido ao fato de que muitos estudantes, mesmo após terminarem o bacharelado (em Física) persistem nas concepções espontâneas sobre calor. Pode-se ir ainda mais longe que isso. Surpreendentemente, numa situação, Lewis e Linn (apud LABURÚ; NIAZ, 2002, p. 211-212) mostraram que até mesmo PhDs em Física e Química tiveram dificuldades em explicar a diferença entre calor como energia e temperatura. Já, de maneira agravante, Cindra e Teixeira (2004, p. 179) relatam que:

em muitos livros, principalmente os de Química e de Física introdutória, são utilizadas expressões infelizes, referindo-se, por exemplo, ao 'calor de um corpo' como se o calor fosse uma propriedade do corpo; ou ainda empregam termos como 'energia térmica', por meio de um conceito indefinido, muitas vezes obscuro e ambíguo.

Conforme esses últimos autores, algumas pesquisas avaliaram livros didáticos para o Ensino Médio e mostraram que a maioria deles estabelece princípios inadequados, tais como o calor pensado como um fluido contido nos corpos que, de alguma maneira, poderia passar de um corpo para outro. Exemplos de frases encontradas em livros didáticos são: “é o fluxo de calor cedido ou absorvido”, “passa calor do primeiro para o segundo”, “o calor que tem um corpo”, “a energia térmica que toma ou cede” (ibid), e assim por diante. Cindra e Teixeira (2004) afirmam que as frases são confusas e os modos de explicação estão mais coerentes com a teoria do calórico que com a atual. Aliás, para a definição do conceito de calor, parece que o significado preciso do termo não existe entre muitos autores de livros-texto. Uría (apud TEIXEIRA, 1992, p. 71) destaca que a dúvida surge entre três opções: “um processo de transferência de energia; a forma através da qual a energia se manifesta em tal processo; a quantidade de energia transferida nesse processo”.

Nesse momento, caso o leitor seja um físico, ou químico, ou mesmo um estudante que se julgue ter um claro conhecimento do conceito em discussão, talvez se questione que as dificuldades apresentadas podem estar demasiadamente exageradas. Mas, ainda assim, é interessante que o leitor note que é necessária uma

considerável concentração para responder corretamente, por exemplo, a uma questão aparentemente trivial levantada por Sears et al. (1984, p. 405): “Não é correto se afirmar que um corpo tem uma certa quantidade de calor, embora o seja dizer que este corpo transferiu calor para um outro. Como é possível um corpo fornecer algo que não tem?”. Logo, é relevante a dificuldade de compreensão que o conceito de calor carrega para o processo de ensino e de aprendizagem e que, por essa consideração, deve-se acreditar que o ensino desse conceito se torna um desafio para qualquer tentativa nesse sentido.

Uma implicação dos comentários até aqui é que as dificuldades relacionadas ao processo educacional desse conceito encontram-se na fonte das informações. É verdade que não se pode garantir êxito instrucional somente admitindo a condição de dominar o conhecimento que se pretende ensinar; no entanto, é verdade que não se pode ensinar aquilo que não se sabe. Segue disso de maneira óbvia que o entendimento do conceito de calor do educador é, como ponto de partida, a condição necessária no processo educacional. Assim sendo, este trabalho tem o objetivo de fornecer reflexões que possam subsidiar discussões sobre o conceito de calor³ na sala de aula.

II. Reflexões sobre o conceito de calor

Aprende-se facilmente que calor é energia. Apesar da associação estar correta, é preciso discutir que, por melhor que seja a compreensão de energia, tal compreensão não é suficiente para que se compreenda calor. Pode-se dizer que essa associação não é mais do que uma maneira simplista de explicar-se o que é calor e que, caso não se entendam os detalhes que dão o real significado do termo, pode-se chegar a mencioná-lo incorretamente em diversas situações⁴. E, se isso acontece, é de se concluir que não se sabe o que seja calor. Para exemplificar uma dificuldade conceitual, tenta-se responder à questão que se levantou na introdução

³ Embora o conceito de calor possa ser tratado (discutido) quase que simultaneamente com o de temperatura em sala de aula, sendo eles distintos, o conceito de temperatura não apresenta problemas como os que neste artigo serão mostrados para o de calor. Assim, não serão apresentadas considerações para temperatura, em razão de ter-se muito pouco a contribuir com reflexões a respeito desse conceito em comparação às de calor.

⁴ Muito se usa o termo equivocadamente em situações cotidianas, estando ciente do equívoco quando uma análise do uso é requisitada. Mas, em situações em que a devida aplicação do termo é requerida, como em situações de ensino e de aprendizagem, equivocar-se significa não entendê-lo.

apenas com o entendimento: calor é energia. Ao admitir que um corpo transfere energia (calor) para outro, segue desse raciocínio que, se o corpo transferiu uma energia que possuía é porque possuía calor, que é entendido como a energia que foi transferida por, inicialmente, encontrar-se no corpo. Logo, apenas definindo calor como energia, ainda que esta esteja profundamente compreendida, tem-se um entendimento insuficiente para responder a “simples” questão levantada, pois é errado concluir que um corpo tenha calor.

Uma breve discussão sobre a evolução do conceito de calor permite esclarecer um pouco das razões dos entendimentos confusos a seu respeito. Atualmente, o termo científico *calor* é herdeiro do termo *calor* da teoria calórica, na qual o calor não pode ser criado nem destruído. Entretanto, no século XVIII, no domínio da teoria calórica, as pessoas questionavam sobre a possibilidade de se criar calor. Historicamente⁵, conta-se que Benjamin Thompson interpretava que “o calor produzido era aproximadamente proporcional ao trabalho realizado pela broca”⁶ em suas medidas numa fábrica de canhões. Segundo Tipler (1978, p. 421), quarenta anos depois das experiências de Thompson, a teoria calórica permanecia dominante, embora tivesse sido enfraquecida aos poucos, à medida que se observavam novos exemplos da não conservação do calor. Já a teoria mecânica do calor corporificou-se somente na década de 40 do século XIX (ibid., p. 422). Segundo essa teoria, Tipler (ibid., p. 422) afirma que:

O calor é uma outra forma de energia, permutável a taxa constante com as outras formas de energia mecânica... Joule demonstrou que o aparecimento ou o desaparecimento de uma quantidade de calor é sempre acompanhado pelo desaparecimento ou aparecimento de uma quantidade equivalente de energia mecânica. As experiências de Joule, e de outros, mostraram que nem o calor, nem a energia mecânica, podiam ser independentemente conservados, mas que a energia mecânica perdida era sempre igual ao calor produzido (medidas as duas grandezas na mesma unidade). O que se conserva é a energia mecânica mais a energia térmica⁷.

⁵ Não se compromete aqui em usar fontes originais nem realizar reconstruções racionais da história, mas refletir sobre entendimentos conceituais presentes em pequenas histórias existentes em livros didáticos.

⁶ Tipler, 1978, p. 421.

⁷ Energia térmica e calor são fisicamente entendidos como sinônimos. Isso pode ser notado em livros como Tipler (1984, p. 485) e Orear (1981, p. 187). A energia térmica não pode ser confundida com energia interna. Aliás, da mesma maneira que o termo calor, Sears e Ze-

Na citação acima, sobre os grifos que propositadamente aqui foram colocados, pode-se notar que o entendimento natural que se tem é que as pessoas começaram a admitir a produção/geração/criação de calor⁸, por meio de uma interpretação de conservação da energia mecânica na qual trabalho se converte em calor e vice-versa. É preciso entender que esses comentários pertencem a um período histórico de transição de modelos científicos, em que o conceito de calor ainda estava confuso. Embora a conversão tenha tomado o caminho decorrente no estabelecimento do princípio da conservação da energia, como no caso da primeira lei da Termodinâmica, não segue como apropriado o uso do conceito de calor em qualquer situação de elevação de temperatura, como no caso de uma elevação de temperatura por trabalho, que mais adiante será discutida. Nesse sentido, procura-se mostrar que não é confortável falar em produção de calor, como também da necessidade de ter-se maior atenção ao afirmar que trabalho converte-se em calor.

Entre os livros mais utilizados nos anos iniciais da graduação em física, podem ser encontradas as seguintes definições de calor: “Calor é a energia que é transferida entre um sistema e seu ambiente, devido a uma diferença de temperatura que existe entre eles” (HALLIDAY et al., 1993, p. 183); “Calor é a energia transferida⁹ entre um sistema e sua vizinhança, devido exclusivamente a uma diferença de temperaturas entre o sistema e alguma parte de sua vizinhança” (KELLER et al., 1999, p. 449); “Calor é a energia transferida graças a diferenças de temperatura” (TIPLER, 1978, p. 399). Nussenzveig (1990, p. 292) está de acordo com esses autores por confirmar essa definição ao analisar uma situação com a primeira lei da Termodinâmica e dizer que o calor Q representa a energia transferida entre o sistema e sua vizinhança, devido a diferenças de temperaturas. Sears et al. (1984) mencionam: “Chama-se fluxo de calor o processo de transferência de energia que ocorre exclusivamente em virtude de diferença de temperaturas” (p. 346); “Fluxo de calor é uma transferência de energia efetuada devido apenas a uma diferença de temperatura” (p. 347). E diferenciam esse fluxo de calor da quantidade de calor ao dizerem: “o calor é a energia transferida para o sistema, ou do sistema, em virtude

mansky (1959, p. 332) afirmam que “a expressão ‘energia térmica de um corpo’ não possui sentido”.

⁸ Contrariando o postulado da não-criação de calórico da teoria calórica.

⁹ Curiosamente, Keller et al. (1999, p. 450) também mencionam que o calor é uma transferência de energia como se vê na frase: “Como uma transferência de energia, o calor tem dimensões de energia”.

de uma diferença de temperatura entre o sistema e o meio” (ibid., p. 393). Já Orear (1981, p. 183) comenta que:

Calor é uma transferência, de um corpo para outro, de parte da energia ‘escondida’ das partículas. A energia interna (energia das partículas) do primeiro corpo pode ser aumentada ... colocando-o em contato com um segundo corpo mais quente. Ai, a energia calorífica flui do segundo corpo para o primeiro.

Duas conclusões pelas definições acima devem ser tiradas. Uma delas é que há o entendimento de calor como energia e também como transferência de energia. A outra é que há unanimidade no entendimento de que somente quando há troca de energia por uma diferença de temperatura é que o conceito de calor toma sentido, conforme se nota nas citações intencionalmente grifadas. Diante disso, algumas reflexões nessas conclusões se fazem necessárias. Em primeiro lugar, procura-se, na seqüência, discutir o entendimento que se deve ter da ambígua definição de calor como energia e transferência de energia. Depois, far-se-á uma discussão sobre o uso desse conceito em situações de aquecimento.

Iniciando a primeira discussão, pretende-se responder a pergunta levantada na introdução: “Como pode um corpo fornecer algo que não tem?” (SEARS et al., 1984, p. 405). Para isso, a seguinte situação exemplifica transferências de energia que permitem concluir um satisfatório significado científico que o conceito de calor¹⁰ pode carregar.

A Fig. 1 esquematiza um sistema que consiste numa certa quantidade de um gás. Em (a), faz-se o sistema aumentar a temperatura de ΔT num processo que envolve fluxo de calor através de uma parede diatérmica no fundo do recipiente, numa transformação em que não haja variação do volume do recipiente. O mesmo sistema também pode se encontrar na situação (b), na qual está envolvido por paredes adiabáticas (não havendo fluxo de calor) e sofre uma compressão adiabática. Nota-se que a mesma variação de temperatura ΔT , que é produzida por uma troca de calor em (a), pode ser produzida apenas pela realização de trabalho na compressão adiabática em (b).

Pode-se descrever os resultados dos dois processos esquematizados na figura, dizendo que fluxo de calor e realização de trabalho são equivalentes. Uma vez completo qualquer dos processos, a energia do sistema será maior que antes e nenhuma experiência poderá dizer se esse acréscimo foi causado por fluxo de calor

¹⁰ Assim como o de trabalho, embora este não seja o foco da atenção nessa discussão.

ou transferência de trabalho. É preciso entender que, embora a soma de Q e W resulta em ΔU , a energia interna (U) de um sistema não pode ser considerada como a soma de componentes de “calor” e “trabalho”. Isso, conforme Callen (1985, p. 20), porque “calor, como trabalho, é somente uma forma de transferir energia”¹¹.

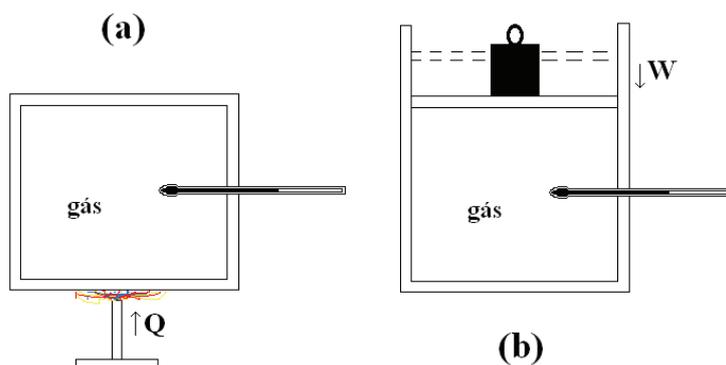


Fig. 1 - Representação de duas situações de transferência de energia: (a) transferência de energia por calor; (b) transferência de energia por trabalho.

Coerentemente, Sears et al. (1985, p. 347) afirmam que seria muito melhor usar a palavra calor apenas em referência a um método de transferência de energia e, quando essa transferência se completasse, referir-se à quantidade total de energia assim transmitida. É nesse sentido que se procura responder à pergunta levantada há pouco, quer dizer, um corpo não tem calor, tem energia; mas quando se transfere parte dessa energia numa situação de diferença de temperatura, refere-se a ela como a quantidade de calor transferida, compreendendo-se, portanto, que o corpo teve um acréscimo de energia em forma de calor. Esse entendimento, além de não fazer referência ao “calor em um corpo”, satisfaz o uso da expressão “quantidade de calor” que tem desempenhado um papel tão importante em tantos livros didáticos e tabelas, sendo quase impossível de ser evitada.

Ademais, os conceitos de *calor*, *trabalho* e *energia* podem ser clarificados em termos de uma simples analogia realizada por Callen (1985, p. 20). Um certo fazendeiro possui uma lagoa que é abastecida de água por meio de um arroio e escoada por outro. A lagoa também recebe água da chuva ocasionalmente e perde

¹¹ É interessante notar que o conceito está sendo especificado como uma forma de transferir energia e não a energia.

água por evaporação, que se pode considerar como “chuva” negativa. Nessa analogia, a lagoa é o sistema, a água dela é a energia interna, a água transferida pelos arroios é o trabalho, e a água transferida como chuva é calor. É preciso notar que nenhum exame da lagoa a qualquer hora pode indicar quanto veio por via da chuva (calor). O termo chuva (calor) só se refere a um método de transferência de água. Supondo que o dono da lagoa deseja saber a quantidade de água que é transferida para a lagoa, ele pode obter a quantidade de água que dela entra e sai ao medir os fluxos dos arroios de entrada e saída. Ele também pode lançar um encerado de parede impermeável sobre a lagoa e medir a quantidade de água por meio da chuva. Se ele quiser represar uma quantidade de água por arroio e outra por chuva, ele pode avaliar o nível de água de sua lagoa por uma leitura numa vara vertical calibrada que indica o conteúdo total de água (energia interna). Assim, admitindo processos no sistema (lagoa) que tenha paredes adiabáticas (caso em que se considera a lagoa com paredes impermeáveis), o fazendeiro pode medir o conteúdo total de água de qualquer estado de sua lagoa. Ele pode remover o encerado e permitir que a chuva, como também a água do arroio, abasteça a lagoa. Se lhe pedem que avalie a quantidade de chuva que entra em sua lagoa durante um dia particular, ele simplesmente procede lendo a diferença do conteúdo de água da vara vertical e disto ele deduz do fluxo total de água que então possuía registrado. A diferença é uma medida quantitativa da chuva, ou melhor, da água da chuva.

Dessa analogia, portanto, procura-se mostrar que o arroio (trabalho) e a chuva (calor) podem ser entendidos como formas de transferir água e não a água (energia), embora se diga que a água transferida pelos arroios é o trabalho, e que aquela água transferida pela chuva seja calor. Se tal analogia está correta, deve-se ter em mente que calor é, antes, uma *forma de transferir energia* e não a *energia*, embora a associação de calor como energia seja feita quando essa energia é transferida entre um sistema e sua vizinhança na condição de diferença de temperatura.

Assim discutido, parte-se agora para a segunda reflexão a ser realizada, referente ao uso do conceito de calor em situações de aquecimento.

Mostrou-se anteriormente, pelas definições de calor, que vários autores apresentam esse conceito vinculado à condição da necessidade de uma diferença de temperatura¹². Obviamente, não havendo tal condição, equivoca-se em mencionar calor numa situação de aquecimento. Para exemplificar esse equívoco, usa-se o

¹² O que contradiz conceituações então equivocadas, encontradas em livros de ensino superior, como a de Gerthsen et al. (1998, p. 193) que simplesmente definem: “o calor é o movimento desordenado das moléculas”.

comentário de Orear (1971, p. 106) a respeito de calor e atrito numa situação na qual um bloco de madeira é empurrado a uma distância x sobre uma mesa áspera:

Após o gasto dessa energia, a energia cinética do bloco não aumentou e sua energia potencial também não aumentou. Para onde foi aquela energia? Observamos que algum calor é gerado sempre que o bloco é empurrado. Quando os físicos aprenderam, pela primeira vez, a medir quantitativamente o calor, descobriram que a quantidade de calor produzida é sempre proporcional à quantidade de trabalho executado contra as forças de atrito. Esse fator de proporcionalidade é conhecido como o equivalente mecânico do calor.

Nessa citação, duas observações podem ser realizadas. Uma delas refere-se ao comentário grifado. O erro aí está em desconsiderar o fato de que já se mediam quantidades de calor muito antes do estabelecimento do equivalente mecânico do calor. Historicamente, Dampier (1945, p. 266-267) destaca que Joseph Black (1728-1799), como proponente do modelo calórico, formulou a teoria do calor específico para explicar as diferentes quantidades de calor necessárias para elevar da mesma temperatura a mesma massa de diferentes substâncias, como também calculou muito por baixo o calor latente de vaporização, e ainda estabeleceu o método da calorimetria, ou da medida de uma quantidade de calor. Aliás, a teoria calórica não apresentava problemas explicativos em fenômenos de calorimetria. Já a segunda observação refere-se à geração de calor. É preciso entender que, naquela época, os físicos, ainda com alguns olhares da teoria calórica para questioná-la, começaram a admitir a possibilidade de criação/geração/produção de calor na elevação de temperatura por atrito. Criação então proibida por essa teoria. E, ao interpretar as situações de troca de energia entre calor e trabalho, estabeleceram o equivalente mecânico do calor em referência à energia necessária para que uma substância tivesse sua temperatura elevada por um ganho de energia, tanto por trocas de calor, como por realização de trabalho. O que, certamente, se pode dizer a respeito do fenômeno de aquecimento da última citação em discussão é que há uma conversão de energia mecânica em energia interna, mas, nem calor, nem sua produção, devem ser mencionados ao considerar a definição teórica deste termo, pois não há diferença de temperatura alguma naquele aquecimento por atrito¹³; o

¹³ Excluindo o caso em que se esteja admitindo o uso do termo na identificação desse aquecimento por meio de um termômetro ou toque manual, pois, no momento da constatação

aquecimento dos corpos em atrito ocorre simultaneamente. Nesse caso, tem-se uma importante observação de Sears e Salinger (1978, p. 90-91):

Afirmativa comum, porém, imprecisa, a de que em um processo dissipativo ‘trabalho é convertido em calor’. Tudo que se pode realmente dizer é que a variação na energia interna de um sistema, em um processo dissipativo, é a mesma, como se houvesse um fluxo de calor Q para o sistema¹⁴, igual em magnitude ao trabalho dissipativo.

Pelo grifo acima, a ênfase é de que quantitativamente é a mesma coisa, mas qualitativamente não. Ademais, “é essencial lembrar que o conceito de ‘quantidade de calor’ só tem sentido no contexto de uma interação em que haja transferência de energia de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura” (SEARS et al. 1984, p. 347).

Dessa discussão, portanto, remete-se à conclusão de que, ao se deparar com uma questão tipo ‘porque, ao esfregar (atritar) as mãos, elas aquecem?’, não responda ‘porque trabalho converte-se em calor’, mas sim ‘porque trabalho converte-se em energia interna’, coerentemente com a primeira lei da Termodinâmica. Isso é necessário pelo dever de respeitar-se a definição de calor ao mencioná-lo ou não em situações de aquecimento, que é uma questão de consistência teórica. E, por isso, essas reflexões apontam como pode ser inadequado falar em produção de calor¹⁵, como também é preciso estar atento ao afirmar que trabalho seja convertido em calor, entendimento realizado na transição de energia em casos de transformações isotérmicas ou no caso especial em que se tem, ao mesmo tempo, o trabalho dissipativo realizado sobre um sistema a configuração constante com fluxo de energia por diferença de temperatura¹⁶.

desse aquecimento, há uma troca de calor por diferença de temperatura entre o corpo aquecido no atrito e um termômetro ou a própria mão.

¹⁴ Original sem o grifo.

¹⁵ A menos que seja permitido definir a produção de calor ao estabelecer uma troca de energia por diferença de temperatura.

¹⁶ Por exemplo, no caso de uma resistência elétrica que mantém sua temperatura constante por contato com água corrente para refrigeração.

III. Considerações finais

Este estudo forneceu reflexões sobre o conceito de calor, ao procurar mostrar o quanto ambíguo é a sua interpretação na literatura, ora como energia, ora como transferência de energia, destacando um difícil entendimento do conceito. Também foram discutidos os equívocos comuns que ocorrem no seu uso em explicações de fenômenos de aquecimento em que não há variação de temperatura. Nesse sentido, mostrou-se que é preciso não subestimar a ‘simples’ questão ‘o que é calor?’, em razão da dificuldade da conceituação que o termo carrega na literatura para que não sejam apresentados entendimentos inadequados cientificamente. A esse respeito, as discussões indicam que não são apropriadas definições encontradas em livros de ensino superior, tais como a de Gerthsen et al. (1998, p. 193), no qual, ao levantarem a questão acima, afirmam: “A Termodinâmica inteira resume-se na frase: o calor é o movimento desordenado das moléculas”. Aliás, de acordo com Sears e Zemansky (1959, p. 332), “devem ser evitadas afirmações tais como ‘o calor em um corpo é a energia de movimento de suas moléculas’”. Conceituação esta que leva a concluir que um corpo qualquer, por apresentar movimento desordenado das moléculas, possui calor, equivocando-se assim por conceituar o calor como uma variável do tipo pressão, volume, temperatura, ou mesmo energia interna, que caracteriza o estado de um sistema¹⁷. Vale, nesta reflexão, o comentário de Young e Freedman (2006, p. 113):

Na Física, o termo ‘calor’ sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular.

Essas reflexões podem não só subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula em nível superior, mas em nível básico. É fundamental à didática em Ciências e à formação docente a consciência de que se fala de coisas distintas quando se usam expressões utilizadas pela linguagem cotidiana. Nos fenômenos térmicos, pesquisas têm indicado “modos de pensar” do senso comum que fazem corresponder esquemas de calor e frio às sensações físicas provocadas (CAFAGNE, apud AGUIAR, 1999). A indiferenciação de conceitos, a substancialização do calor, a atribuição de propriedades de “atração” e “repulsão” ao calor e ao

¹⁷ Conforme Lee e Sears (1969, p. 90): “Em Termodinâmica, o termo calor acha-se sempre associado a um processo e não ao estado de um sistema”.

frio e a idéia de que a temperatura revela a “quantidade de calor” existente em um corpo são alguns traços característicos do pensamento de senso comum acerca dos processos térmicos (AGUIAR, 1999). Outros trabalhos, como o de Laburú e Arruda (1998, p. 264), apresentam uma concepção alternativa muito comum nesse tópico (“temperatura é uma medida da quantidade de calor¹⁸”). Enfim, as reflexões que se apresentaram aqui sobre o conceito de calor se mostram importantes para qualquer professor com a preocupação da educação introdutória desse conceito, como também podem ser aproveitadas por autores de livros didáticos nos quais o assunto esteja relacionado.

Referências

AGUIAR, O. Calor e temperatura no ensino fundamental: relações entre o ensino e a aprendizagem numa perspectiva construtivista. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, mar. 1999.

CALLEN, H. B. **Thermodynamics and an introduction to Thermostatistics**. 2. ed. John Wiley e Sons, 1985.

CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. Uma discussão conceitual para o equilíbrio térmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 176-193, ago. 2004.

DAMPIER, W. C. **História da Ciência – e das suas relações com a Filosofia e a Religião**. 2.ed. Lisboa: Editorial Inquérito Limitada, 1945.

GERTHSEN, C.; KNESER; VOGEL, H. **Física**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.

HALLIDAY, D.; HESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2 – Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 1993.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física**. Makron books do Brasil Editora Ltda, 1999. v. 1.

¹⁸ Entendimento até certo ponto compatível com a Teoria do Calórico dos séculos XVIII e XIX.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. Um instrumento pedagógico para situações de controvérsia e conflito cognitivo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, set. 1998.

LABURÚ, C. E.; NIAZ, M. A lakatosian framework to analyze situations of cognitive conflict and controversy in students' understanding of heat energy and temperatura. **Journal of Science Education and Technology**, v. 11, n. 3, sept. 2002.

LEE, J. F.; SEARS, F. W. **Termodinâmica**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1969.

NIAZ, M. Can the study of Thermochemistry facilitate students' differentiation between heat energy and temperature? **Journal of Science Education and Technology**, v. 15, n. 3, oct. 2006.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica – Fluidos; Oscilações e Ondas; Calor**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1990. v. 2.

OREAR, J. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1971.

OREAR, J. **Fundamentos da Física 1**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 1981.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Termodinâmica, teoria cinética y Termodinâmica estatística**. 2. ed. Barcelona: Editorial Reverte S. A., 1978.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico e SEGREDA – Sociedade Editora e Gráfica LTDA, 1959.

SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W.; YONG, H. D. **Física 2 – Mecânica dos Fluidos, calor e Movimento Ondulatório**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1984.

TEIXEIRA, O. P. B. **Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual e o ensino construtivista**. 1992. Tese (Doutorado em Didática) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

TIPLER, P. A. **Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S. A., 1978. v. 1.

TIPLER, P. A. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S. A., 1984.
v. 1b.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, F. A. **Física II** – Termodinâmica e Ondas. 10. ed.
São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006.